

**HEAT TREATING FURNACE**

**Patent number:** JP1220434  
**Publication date:** 1989-09-04  
**Inventor:** KITAYAMA HIROBUMI  
**Applicant:** TEL SAGAMI LTD  
**Classification:**  
- international: H01L21/205; H01L21/22; H01L21/31  
- european:  
**Application number:** JP19880046485 19880229  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP1220434**

**PURPOSE:** To supply uniform gas to all the elements to be treated by providing gas injection ports corresponding to different gas supply regions to respective injectors, and controlling gas supply amounts according to respective injectors.

**CONSTITUTION:** A boat 7 on which 100 wafers 6 are disposed separately in a longitudinal direction is placed on a thermal insulating cylinder 8, and disposed at a furnace center in a process tube 1 by raising the cylinder 8. Mass flow controllers 20a-20e are controlled in response to the supplying ratios of processing gases, and the gases are supplied at a predetermined ratio to a gas supply tube 22. The tube 22 is connected to an injection flowrate controller 30, which individually controls gas supply amounts to 4 gas supply injectors 10a-10d. The injectors 10a-10d respectively supply gases to the wafers of first - fourth regions. The gases injected from the injection ports 11 of the respective injectors are uniformly passed over the upper surfaces of the respective wafers 6 to form films thereon.

x

Data supplied from the **cenet** database - Patent Abstracts of Japan



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(12) Publication of Unexamined Patent Application (A)

(19) Japan Patent Office (JP)

(11) Japan Patent Application Public Disclosure No. 1-220434

(43) Disclosure Date: September 4, 1989

---

(51)

Int. Cl. <sup>4</sup>	ID Symbol	Intra-Agency File No.
H 01 L 21/205		7739-5F
21/22		Q-7738-5F
21/31		E-6824-5F

Request for examination: Not filed

No. of claims: 1 (total no. of pages: 6)

---

(54) Title of the Invention: Heat-Treating Furnace

(21) Application no.: 63-46485

(22) Application date: February 29, 1988

(72) Inventor: Hirobumi KITAYAMA  
c/o TEL-Thermco Engineering Co., Ltd.  
3210-1, Kawashiri-aza Hongo, Shiroyama-machi, Tsukui-gun,  
Kanagawa Prefecture

(71) Applicant: TEL Sagami Ltd.  
3210-1, Kawashiri-aza Hongo, Shiroyama-machi, Tsukui-gun,  
Kanagawa Prefecture

(74) Agent: Hajime INOUE, Patent Attorney (and 1 other)



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-220434

⑬ Int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)9月4日

H 01 L 21/205  
21/22  
21/317739-5F  
Q-7738-5F  
E-6824-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 熱処理炉

⑯ 特 願 昭63-46485

⑰ 出 願 昭63(1988)2月29日

⑱ 発 明 者 北 山 博 文 神奈川県津久井郡城山町川尻字本郷3210番1 テル・サー  
ムコ株式会社内  
⑲ 出 願 人 テル相模株式会社 神奈川県津久井郡城山町川尻字本郷3210番1  
⑳ 代 理 人 弁理士 井 上 一 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

熱処理炉

## 2. 特許請求の範囲

プロセスチューブ内で複数枚の被処理体を処理する熱処理炉において、

プロセスチューブ内にプロセスガスを導入するための複数本のインジェクターに、各インジェクター毎にそれぞれ異なるガス供給領域に対応させてガス噴出口を設け、かつ、各インジェクター毎にガス供給量を制御可能に構成したことを特徴とする熱処理炉。

## 3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は、熱処理炉に関する。

(従来の技術)

例えば、縦型ホットウォール型シリコンエピタキシャル装置あるいは縦型CVD装置等では、プロセスチューブ内に例えば25～100枚程度

のウエハを縦方向で離間して配列し、このプロセスチューブ内にプロセスガスを導入してバッチ処理を実行している。

ここで、ウエハに形成される膜厚は、プロセスガスの供給律速で決まるので、縦方向で離間配置された全ウエハに対して所定の膜厚を得るためには、縦方向に配列された各ウエハにガスが均等に供給されなければならない。

このような要求を満足するためには、単にプロセスチューブの例えば上端のガス導入口よりガス供給するものでは足りず、プロセスチューブ内に固定配置されたノズルに縦方向に多孔を設けて対峙していた。

さらに、1本の多孔式固定ノズル方式をさらに改善し、プロセスチューブ内に例えば2本の多孔式ガス供給ノズルを円周方向でずらして固定配置し、この2本のノズルによって均等なガス分布の確保を図ったもの、あるいは1本の多孔式ノズルを、ウエハの周囲で回転させるもの等が提案されていた。



(発明が解決しようとする問題点)

上述した従来の縦型炉では、ノズルを複数本とし、あるいは1本のノズルを回転させるものであっても、1本のノズルに形成されるガス噴出口は、縦方向に配列された各ウエハの数だけ壁していたので、各ガス噴出口より供給されるガス量が上下で異なることは改善不能であった。

特に、バッチ処理されるウエハ枚数が50枚～100枚ともなると、ノズル長が長くなり、このノズルに設けた多数のガス噴出口に対して等流量のガス分配を行うことが困難となり、上下でのガス供給量の差が大きくなり、たとえガス噴出口の大きさを変えてバラツキを少なくしようとしても、縦方向の全ウエハに均一な膜厚を確保することは不可能であった。

そこで、本発明の目的とするところは、上述した従来の問題点を解決し、縦方向に配列された被処理体に対して均等にプロセスガスを供給することができ、歩留まりの高い縦型炉を提供することにある。

容易に実現できる。

このように、縦方向にガス供給領域を分割することで、各インジェクターによるガス供給領域内で均等なガス供給がはかれるが、インジェクターを分割したことにより、各供給領域毎にガス供給量に差がでる恐れがあるため、本発明では各インジェクター毎にガス供給量を制御可能としている。この結果、縦方向の全被処理体に対して均等なガス供給が図れ、近年の緻密な膜厚形成にも対応することが可能となる。

(実施例)

以下、本発明を縦型ホットウォール型シリコンエピタキシャル装置に適用した一実施例について、図面を参照して具体的に説明する。

プロセスチューブ1は、石英ガラスで形成され、その下端はリング2を介してマニホールド3によって連通支持されている。そして、プロセスチューブ1の周囲には、プロセスチューブ1内をプロセス温度に設定維持するための電気抵抗式ヒータ等の加熱装置5が配置されている。

[発明の構成]

(問題点を解決するための手段)

本発明は、プロセスチューブ内で複数枚の被処理体処理する熱処理炉において、

プロセスチューブ内にプロセスガスを導入するための複数本のインジェクターに、各インジェクター毎にそれぞれ異なるガス供給領域に対応させてガス噴出口を設け、かつ、各インジェクター毎にガス供給量を制御可能に構成している。

(作用)

本発明によれば、1本のインジェクターに形成されるガス噴出口は、少なくとも被処理体枚数をインジェクターの数で割った分の数だけで済み、このように縦方向でガス供給領域を異にして分割して形成されたガス噴出口を有する複数本のインジェクターによって、縦方向の全被処理体に対してガス供給を実行するようにしている。

従って、1本のノズルでまかなうべきガス供給領域は、従来のものより低減するので、ある許容範囲内でその供給領域全体での均等なガス供給が

前記マニホールド3は、例えば第1図の右側の側面に排気管4を接続し、一方、同図の左側の側面には複数本のガス供給インジェクター10を導入可能となっている。

このプロセスチューブ1内には、例えば下端よりウエハ6を搭載したポート7を搬入可能となっていて、このポート7は、保温筒8に設置支持され、この保温筒8を図示しないローグ装置によって上下動することで、ポート7をプロセスチューブ1に対してロード、アンロード可能となっている。なお、前記ポート7には、縦方向で上下に隣り合って配置された例えば100枚のウエハが図示しない溝に係止されて支持されている。また、前記保温筒8の下端にはキャップ部材9が設けられ、ポート7のロード終了後は前記マニホールド3の下端開口部を密閉可能となっている。

次に、前記ガス供給インジェクター10について第2図、第3図をも参照して説明する。

本実施例では、4本のインジェクター10a～10dをプロセスチューブ1内に配設している。



この4本のインジェクター10a~10dは、第2図に示すように、ウエハ6の内周方向でずれるように配置され、好ましくは内周方向でなるべく近接して配置している。

また、前述したように、4本のインジェクター10a~10dは、マニホールド3の側面側に配置された排気管5と対向する位置に配置されるようになっている。

そして、この4本のインジェクター10a~10dの特徴的構成としては、各インジェクターに100枚のウエハ6にガスを供給する構成とせず、各インジェクターは100枚のウエハの1/4にあたる25枚分のウエハ6にガス供給可能のように、少なくとも25個のガス噴出口11を有している。そして、第1のインジェクター10aは、第3図に示すように、最上層のウエハより25枚目のウエハまでをガス供給領域(第1の領域ともいう)とし、各ウエハ6の上面にガス供給できるように、ウエハ間に前記ガス噴出口11が位置するようになっている。

ている。そして、MFC21a~21c以降は、各供給管20a~20dは、自動弁例えばエアオペレートバルブVを介して共通のガス供給管22と、共通の排気管23とに分岐されている。水素H<sub>2</sub>の供給管20dは、MFC20eを介して前記共通の排気管23に分岐されている。

前記共通のガス供給管22は、インジェクター流量制御部30に接続されている。このガス流量制御部30は、前記共通のガス供給管22を前記ガス供給インジェクター10a~10dの数だけ分岐し、この分岐管31a~31d途中にそれぞれ流量制御手段の一例であるMFC32a~32dを挿入接続している。また、分岐管に分岐されない前記共通のガス供給管22の一端をガス排気用としている。そして、このMFC32a~32dを介した一端を前記ガス供給インジェクター10a~10dに接続している。

次に、作用について説明する。

100枚のウエハ6を縦方向で離間配置したポート7を保温筒8上に設置し、図示しないローダ

同様に、第2のインジェクター10bは、26枚目のウエハより50枚目のウエハまでをガス供給領域(第2の領域)とし、第3のインジェクター10cは、51枚目のウエハより75枚目のウエハまでをガス供給領域(第3の領域)とし、第4のインジェクター10dは、76枚目のウエハより100枚目のウエハまでをガス供給領域(第4の領域)とし、各領域において均一ガスが噴出されるごとく複数個の噴出口11が設けられている。

この噴出口11は一例に配列してもよいし、千鳥状に配列してもよい。

従って、各インジェクター10a~10dは、縦方向でガス供給領域を異にするように分割されたガス噴出口11を有することになる。

この各インジェクター10a~10dへプロセスガスを供給するための供給系として、ガスの種類毎に設けられたガス供給管20a~20dと、このガス供給管途中に配置されたマスフローコントローラ(MFC)21a~21dとが設けられ

装置によって保温筒8を上昇させることで、ポート7をプロセスチューブ1内の炉芯に配置させる。この際、保温筒8の下端のキャップ部材9によってマニホールド3の下端開口部が密閉される。

次に、プロセスチューブ1内の不要な空気などを排出するためバージを行い、この後に加熱装置4によってプロセスチューブ1内をプロセス温度まで昇温させる。

上記の前工程の終了後にウエハ6に対する膜形成工程が実施されることになる。

このためには、プロセスチューブ1内にプロセスガスを導入する必要がある。

本実施例では、ウエハ6に対するガス供給を下記のようにして実行している。

すなわち、プロセスガスの供給割合に応じて前段側のMFC20a~20eを制御し、所定の比率でプロセスガスを共通のガス供給管22に供給する。なお、ガス供給が安定するまでは共通排気管23によって排気し、流量が安定したらエアオペレートバルブVを切り替えることになる。こ



のガス供給管22は、インジェクター流量制御部30に接続され、このインジェクター流量制御部30において、プロセスチューブ1内に配置されている4本のガス供給インジェクター10a~10dに対するガス供給量を個別的に制御している。この流量制御は、分岐管31a~31dに挿入接続されたMFC32a~32dによって各分岐管毎に独立して実行れることになる。

そして、MFC32a~32dによって流量制御された分岐管31a~31d内のプロセスガスは、それぞれ4本のガス供給インジェクター10a~10dに供給されることになる。

そして、第1のインジェクター10aは、プロセスチューブ1内の最上層のウエハ6から25枚目のウエハまでの各ウエハに対応して配置されているガス噴出口11よりプロセスガスを噴出することで、この第1の領域に対するウエハにガス供給を実行することができる。

同様にして、第2のインジェクター10bは、上から2領域目の25枚のウエハ群に対応する第

2の領域にプロセスガスの供給を実行し、第3のインジェクター10cは第3の領域、第4のインジェクター10dは最下層のウエハを含む25枚のウエハ群に対応する第4の領域にプロセスガスを供給することができる。

ここで、上記ガス供給管10a~10dは、プロセスガスの排気管4と対向するように位置されているので、各インジェクターの噴出口11より噴出されたプロセスガスは、反対側の排気管4が配置する側に向かって各ウエハ6の上面を均等に通過し、この際にプロセスガスが膜形成に供されることになる。なお、4本のインジェクター10a~10dを円周方向でなるべく近接して配置した方がよい理由は、このようなガスの流れを確保できるようにするためであり、本実施例のように1点で排気している場合にはこの排気管4と対向させるために近接する必要があるからである。

このように一枚のウエハ6の全面に対してガスを均等に供給するためには、一枚のウエハ6に対して排気管4と対向する位置にガス噴出口11を

配置することで、従来のようにプロセスチューブ1の上端の一点よりガスを供給するものよりも十分な効果を得ることができる。

しかし、この種の縦型炉では、縦方向に配列された全ウエハ6に対して均一な膜厚を得る必要があり、このためには縦方向に配列されている全ウエハ6に均等ガス供給を行わなければならない。

そこで、本実施例では全ウエハ6に対するガス供給領域を、ウエハ6の配列方向である縦方向でインジェクター毎に分割し、各インジェクターによってガス供給領域を分割してまかなってガス供給を行っている。

この結果、1本のインジェクターに対して本実施例の場合に少なくとも25個のガス噴出口11を配置するのみで良く、100枚のウエハを処理するのに従来のように1本のノズルに100個のガス噴出口を有していたものに比べれば、その数が大幅に減少するので、1本のインジェクターの上端のガス噴出口11より下端のガス噴出口11までの間での各噴出口11からの供給ガス量のバ

ラツキが大幅に減少し、あるいは噴出口11の大きさを減らすことで（上端のものほど大きくする等）、かなりの精度でガス流量を均等化することができる。そして、このようなインジェクター10a~10dのガス噴出口11によるガス供給領域を縦方向で分割した配置とすることで、各インジェクターでまかなわれるべき領域内でそれぞれ均等なガス供給を実行することができる。

そして、このように各インジェクターのガス供給領域を縦方向で分割しているため、各インジェクターによってまかなわれる領域間のガス供給量のバラツキをなくすために、前記インジェクター流量制御部30によって、各領域でのガス噴出のばらつきを補正している。この結果、縦方向の全ウエハ6に対して均等なガス供給を実行することができる。

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

例えば、バッチ処理されるべきウエハ枚数は処



理工程の相違によって種々あり、本発明の場合特にバッチ処理枚数が多くてもガス供給の均等化が図れるが、25枚程度のバッチ処理枚数であっても同様に適用可能である。

また、ガス供給インジェクターの配設数としては、バッチ処理枚数に応じて種々変形実施が可能であり、枚数が多ければそれに応じてインジェクター数も増やすことができる。

また、ガス供給インジェクターの配設方式、インジェクター流量制御部30の構成などについては種々変形可能であり、流量制御部に関してはMFCが流量制御の精度の面からいえば好ましいが、この他しほり弁等の流量制御手段を採用することができる。

また、この種の縦型炉では、プロセスチューブをアウターチューブとインナーチューブとで構成した二重管方式を採用するものがあるが、この場合にも同様に本発明を適用可能である。この場合、排気はインナーチューブとアウターチューブとの間を真空引きすることで行い、プロセスガスの導

入はインナーチューブ内にのみ実施するので、複数本のインジェクターをインナーチューブ内に配設し、しかもインナーチューブに形成したアウターチューブとの連通口を形成する排気口と対向する位置に、ガス噴出口を配設すれば良い。

また、本発明としては、バッチ処理枚数が多いものほど適用価値が高くなるが、プロセスの種類によっては、通常のウエハ配列ピッチである3/16インチの代わりに、この倍ピッチである3/8で実施し、ウエハ面間距離を多くすることでガスのまわりを良好としたものがあり、この場合にはバッチ処理枚数は少なくとも倍ピッチで配列することにより同様にインジェクター長が長くなるので、本発明の適用価値が大きくなる。

なお、本発明は縦型の熱処理炉にのみ適用されるものではなく、横型の熱処理炉にも同様に適用することができる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によればプロセスチューブ内に配列された全ての被処理体に対して、

均等なプロセスガス供給を確保することが可能となり、バッチ処理枚数を多くあるいは被処理体ピッチを大きくして配列しても、配列された全被処理体への緻密な膜厚形成を実現することができ、スループットの向上および歩留まりの向上を図ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明を縦型シリコンエピタキシャル装置に適用した一実施例を説明するための概略説明図、

第2図は、第1図の構成要素であるガス供給インジェクターの配列を示す概略説明図、

第3図は、各インジェクターによってまかなわれるガス供給領域を説明するための概略説明図である。

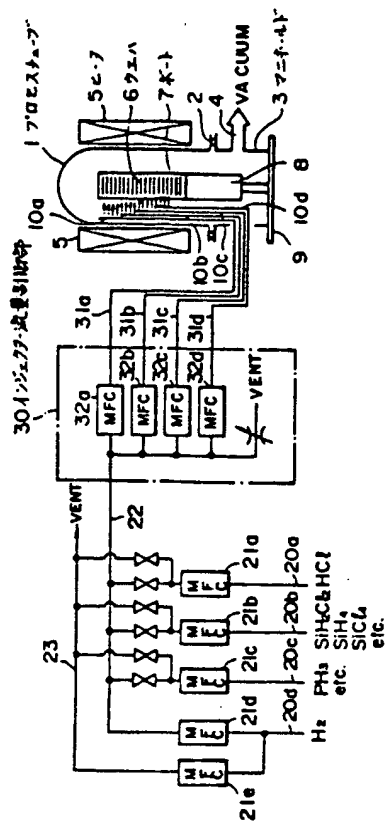
- 1…プロセスチューブ、
- 4…排気管、
- 5…加熱装置、
- 6…被処理体、
- 7…ポート、

- 10a～10d…ガス供給インジェクター、
- 11…ガス噴出口、
- 30…インジェクター流量制御部、
- 32a～32d…マスフローコントローラ、

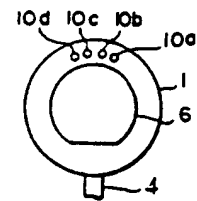
代理人 井理士 井上 一（他1名）



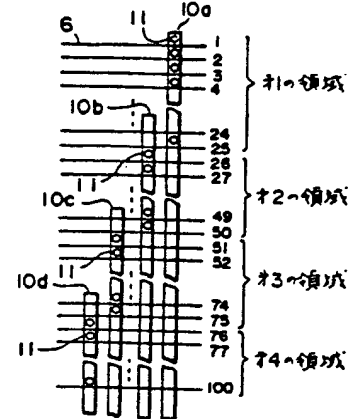
第 1 図



第 2 図



第 3 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)



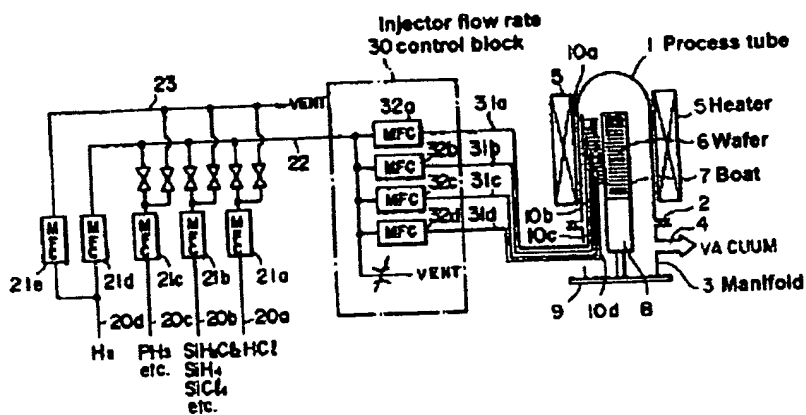


Figure 1

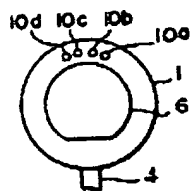
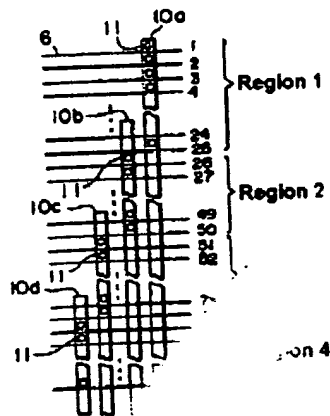


Figure 2





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## Specification

### 1. Title of the Invention

Heat-Treating Furnace

### 2. Claims

A heat-treating furnace characterized in that,  
in a heat-treating furnace that treats multiple processed objects in a process tube,  
in multiple injectors for introducing process gases into the process tube, gas emission ports  
are provided in each injector [in locations] corresponding to different gas supply regions, and it  
is configured so as to enable control of the amount of gas supplied to each injector.

### 3. Detailed Explanation of the Invention

#### [Purpose of the Invention]

- Industrial Field of Application

The present invention relates to a heat-treating furnace.

- Prior Art

For example, in vertical hot-wall-type silicon epitaxial devices, vertical CVD devices, etc., approximately 25–100 wafers, for example, are arranged vertically and separately within a process tube, and batch processing is performed by introducing process gases into this process tube.

Here, the thickness of the film formed on the wafers is determined by the process gas supply rate limits. Therefore, to obtain a predetermined film thickness on all wafers disposed vertically and separately, gases must be supplied uniformly to each vertically arranged wafer.

To satisfy such a requirement, it is not enough simply to supply gases from gas feed ports at the top of the process tube, for example, so [this problem] has been dealt with by providing many holes in the vertical direction, in nozzles fixed and disposed within the process tube.



4.00

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Furthermore, [solutions] such as the following have been proposed: one porous nozzle rotates around the wafers; or after the single porous, fixed nozzle method is improved further, two porous gas supply nozzles, for example, are staggered circumferentially, fixed, and disposed within the process tube, and these two nozzles are used to ensure uniform gas distribution.

- Problems That the Invention Is to Solve

In the aforementioned conventional vertical furnace, even in [a furnace having] multiple nozzles or one rotated nozzle, the number of gas emission ports formed in one nozzle must equal the number of wafers disposed vertically, so the amount of gas supplied from each gas emission port differs vertically, and this cannot be improved.

Particularly when there are as many as 50–100 wafers processed in a batch, nozzles become elongated, so it becomes difficult to distribute gases at the same flow rate to the multiple gas emission ports provided in this nozzle, which increases the vertical differences in the amounts of gas supplied. Even after reducing the variation by changing the sizes of the gas emission ports, for example, it is impossible to ensure uniform film thickness on all wafers in the vertical direction.

Therefore, the purpose of the present invention is to supply a high-yield vertical furnace that solves the aforementioned conventional problems, and that can uniformly supply process gases to processed objects that are arranged vertically.

[Composition of the Invention]

- Means of Solving the Problems

The present invention is such that, in a heating furnace that treats multiple processed objects in a process tube,

in multiple injectors for introducing process gases into the process tube, gas emission ports are provided in each injector [in regions] corresponding to different gas supply regions, and it is configured so as to enable control of the amount of gas supplied to each injector.

- Function of the Invention



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



According to the present invention, the number of gas emission ports formed in one injector need only be at least the number [calculated] by dividing the number of processed wafers by the number of injectors. Gas is supplied to all processed objects in the vertical direction, by means of multiple injectors having gas emission ports formed by partitioning separate gas supply regions in the vertical direction in this manner. Consequently, the gas supply region covered by one nozzle is smaller than a conventional one, so it is easy to uniformly supply gas over an entire supply region within some allowable range.

In this manner, by vertically partitioning gas supply regions, gas can be supplied uniformly within [each] gas supply region by each injector. However, there is a risk of different gas supply amounts in each supply region after each injector is partitioned, so this invention enables the control of the amount of gas supplied to each injector. As a result, gas can be supplied uniformly to all vertical processed objects, so it is possible to handle the formation of recent extremely precise film thicknesses.

- Embodiments

Next, one embodiment, in which the present invention is applied to a vertical hot-wall-type silicon epitaxial device, will be explained concretely with reference to the drawings.

Process tube 1 is formed of quartz glass, and its lower end is supported in communication by manifold 3, via O-ring 2. Around process tube 1 is disposed heating device 5 (e.g., an electric resistance heater) for setting and maintaining the process temperature within process tube 1.

Regarding aforementioned manifold 3, exhaust line 4 is connected to the right side, for example, in Figure 1. On the other hand, multiple gas supply injectors 10 can be led to the left side in the same figure.

Boat 7 loaded with wafers 6 can be carried into this process tube 1, from the lower end, for example. This boat 7 is mounted onto and supported by thermal-insulation cylinder 8, and this thermal-insulation cylinder 8 is raised and lowered by means of a loader device (not shown), thereby enabling the loading/unloading of boat 7 into/from process tube 1. Furthermore, 100 wafers, for example, disposed separately and vertically in aforementioned boat 7 are locked into and supported by slots (not shown). Also, cap member 9 is provided at the lower end of aforementioned thermal-insulation cylinder 8, so the opening at the lower end of aforementioned manifold 3 can be sealed after the loading of boat 7.



4.00

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Next, aforementioned gas supply injectors 10 will be explained with reference to both Figure 2 and Figure 3.

In the present embodiment, four injectors 10a-10d are disposed within process tube 1. As shown in Figure 2, these four injectors 10a-10d are disposed so as to be staggered circumferentially [relative to] wafers 6, and [they] preferentially are disposed circumferentially as closely as possible.

Also, as aforementioned, the four injectors 10a-10d are disposed at locations opposing exhaust line 5,<sup>1</sup> which is disposed on one side of manifold 3.

Regarding the characteristic configuration of these four injectors 10a-10d, each injector has at least 25 gas emission ports 11 so as to allow gas to be supplied to 25 wafers 6, which are one-quarter of 100 wafers, without [adopting] a configuration such that each injector supplies gas to 100 wafers 6. As shown in Figure 3, aforementioned gas emission ports 11 are positioned between wafers, so that gas can be supplied to the surface of each wafer 6, with [the region] from the top wafer to the 25<sup>th</sup> wafer regarded as the gas supply region (also called region 1) of first injector 10a.

Similarly, [the region] from the 26<sup>th</sup> wafer to the 50<sup>th</sup> wafer is regarded as the gas supply region (region 2) of second injector 10b; [the region] from the 51<sup>st</sup> wafer to the 75<sup>th</sup> wafer is regarded as the gas supply region (region 3) of third injector 10c; and [the region] from the 76<sup>th</sup> to the 100<sup>th</sup> wafer is regarded as the gas supply region (region 4) of fourth injector 10d. Multiple emission ports 11 are provided so that gas is emitted uniformly in each region.

These emission ports 11 may be arranged in a line or a zigzag arrangement.

Consequently, each injector 10a-10d has gas emission ports 11 that are partitioned so as to provide different gas supply regions in the vertical direction.

As the supply system for supplying process gas to each of these injectors 10a-10d, the following are provided: gas supply lines 20a-20d provided for each type of gas, and mass flow controllers (MFCs) 21a-21d disposed along these gas supply lines. Regarding MFCs 21a-21c and after, each supply line 20a-20d branches to common exhaust line 23 and common gas supply line 22, via an automatically operated valve (e.g., air-operated valve V). Hydrogen (H<sub>2</sub>) supply line 20d branches to aforementioned common exhaust line 23, via MFC 20e.

---

<sup>1</sup> Translator's note: This is mislabeled as "5" in the Japanese patent. It should be "4."



4-20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Aforementioned common gas supply line 22 is connected to injector flow rate control block 30. In this gas flow rate control block 30,<sup>2</sup> aforementioned common gas supply line 22 branches as many times as the number of aforementioned gas supply injectors 10a-10d, and MFCs 32a-32d, which are examples of the flow rate control means, are inserted and connected along these branch lines 31a-31d, respectively. Also, the end of aforementioned common gas supply line 22 that does not branch into the branch lines is for gas exhaust. The ends that pass through these MFCs 32a-32d are connected to aforementioned gas supply injectors 10a-10d.

Next, the operation will be explained.

Boat 7 in which 100 wafers 6 are vertically and separately disposed is loaded into thermal-insulation cylinder 8, and thermal-insulation cylinder 8 is raised by a loader device (not shown), thereby disposing boat 7 in the furnace core of process tube 1. Then the bottom opening of manifold 3 is sealed by cap member 9 at the bottom of thermal-insulation cylinder 8.

Next, purging is performed to discharge unnecessary air, etc., from process tube 1, after which heating device 4<sup>3</sup> raises the temperature within process tube 1 to the process temperature.

After the aforementioned preprocessing is completed, wafers 6 are subjected to the film formation process.

For this purpose, it is necessary to introduce process gases into process tube 1.

In the present embodiment, gas is supplied to wafers 6 as explained next.

That is, the front-side MFCs 20a-20e<sup>4</sup> are controlled according to the process gas supply ratios, and the process gases are supplied to common gas supply line 22 in predetermined proportions. Furthermore, [the gases] are discharged via common exhaust line 23 until the gas supply is stable. After the flow rates stabilize, air-operated valve V is switched. This gas supply line 22 is connected to injector flow rate control block 30. In this injector flow rate control block 30, the amounts of gases supplied to the four gas supply injectors 10a-10d disposed within process tube 1 are controlled individually. This flow rate control is performed independently for each branch line, by means of MFCs 32a-32d inserted into and connected to branch lines 31a-31d.

The process gases in branch lines 31a-31d, whose flow rates are controlled by MFCs 32a-32d, are supplied to the four gas supply injectors 10a-10d, respectively.

<sup>2</sup> Translator's note: Translated as per the Japanese, but it should be "injector flow rate control block."

<sup>3</sup> Translator's note: The Japanese patent reads "4" but it should be "5."

<sup>4</sup> Translator's note: Figure 1 shows only MFCs 20a-20d.



4-1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



First injector 10a can supply gas to the wafers in region 1 by emitting the process gas from gas emission ports 11 disposed for each wafer from the top wafer 6 to the 25<sup>th</sup> wafer [6] within process tube 1.

Similarly, second injector 10b supplies process gas to region 2 for the group of 25 wafers in the second region from the top. Third injector 10c can supply process gas to the third region, and fourth injection 10d can supply process gas to the fourth region for the group of 25 wafers that includes the bottom wafer.

Here, aforementioned gas supply lines<sup>5</sup> 10a-10d are positioned so as to face process gas exhaust line 4, so the process gases emitted from each injector's emission ports 11 uniformly pass over the top surface of each wafer 6, toward the side where opposite-side exhaust line 4 is disposed. At this time, the process gases are supplied for film formation. Furthermore, it is better to dispose the four injectors 10a-10d as closely as possible in the circumferential direction, because they must be near to ensure such gas flow and to face this exhaust line 5<sup>6</sup> when [the process gases] are discharged at one point, as in the present embodiment.

To uniformly supply gases to the entire surface of a wafer 6 in this manner, a gas emission port 11 that is disposed at a location facing exhaust line 5<sup>6</sup> and that is for one wafer 6, thereby yielding a result better than when gas is supplied from one point at the top of process tube 1, as is done conventionally.

In this type of vertical furnace, however, it is necessary to obtain a uniform film thickness [on] all wafers 6 disposed in the vertical direction. For this reason, gas must be supplied uniformly to all wafers 6 in the vertical direction.

In the present embodiment, therefore, the gas supply region for all wafers 6 is partitioned for each injector in the vertical direction, which is the direction in which wafers 6 are disposed. Gas is supplied after partitioning the gas supply region [into regions corresponding with] each injector.

As a result, in the case of the present embodiment, it is only necessary to dispose 25 gas emission ports 11 for each injector, so compared with the conventional case in which one nozzle has 100 gas emission ports to process 100 wafers, there are many fewer, which considerably reduces variation in the amount of gas supplied from each emission port 11, from gas emission ports 11 at the top of one injector to gas emission ports 11 at the bottom. Or, by varying the sizes

---

<sup>5</sup> Translator's note: 10a to 10d are injectors, but the Japanese patent reads "lines."

<sup>6</sup> Translator's note: The Japanese patent reads 5, but the exhaust line is 4.



4-22

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



of emission ports 11 (e.g., the higher, the larger), it is possible to highly precisely equalize the gas flow rates. By adopting such an arrangement in which the gas supply region formed by gas emission ports 11 of injectors 10a-10d is partitioned in the vertical direction, it is possible to supply gas uniformly to the respective region covered by each injector.

Moreover, the gas supply region was partitioned as aforementioned in the vertical direction for each injector, so in order to eliminate variation in the amount of gas supplied in the region covered by each injector, the gas emission variation in each region is corrected by aforementioned injector flow rate control block 30. As a result, it is possible to supply gas uniformly to all wafers 6 in the vertical direction.

Furthermore, the present invention is not limited to the aforementioned embodiment, and various modifications are possible within the spirit of the present invention.

For example, various numbers of wafers can be processed as a batch, according to differences in the process. The present invention equalizes the gas supply, particularly when many wafers are subjected to batch processing. However, even if on the order of 25 wafers are processed as a batch, it is applicable similarly.

Also, the number of disposed gas supply injectors can be modified variously according to the number of wafers subjected to batch processing. The greater the number of wafers, the greater the number of injectors that [can be used].

Various modifications also are possible, such as the gas supply injector disposition method, the configuration of injector flow rate control block 30, etc. For the flow rate control block, MFCs are preferable with respect to flow rate control precision. However, it also is possible to adopt another flow rate control means (e.g., a throttle valve).

This type of vertical furnace also includes those that utilize the dual-tube system in which the process tube is composed of an inner tube and an outer tube. Even in this case, however, the present invention can be applied similarly. Here, venting is performed by drawing a vacuum between the inner tube and the outer tube, and process gases are introduced only into the inner tube, so multiple injectors are disposed within the inner tube. Moreover, the gas emission ports may be disposed at locations facing the exhaust port that forms the hole that communicates with the outer tube and that is formed in the inner tube.

Also, in the present invention, the greater the number of wafers subjected to batch processing, the greater the application value. Depending on the type of process, however, a 3/8[-inch] pitch, which is double that of the normal 3/16-inch wafer arrangement pitch, is implemented, and the



4-10

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



gas circulation is improved by increasing the distance between the wafer surfaces. In this case, the injectors are lengthened similarly by arranging, with at least a double pitch, the number of wafers subjected to batch processing, so the application value of the present invention increases.

Furthermore, the present invention is not applicable only to vertical heat-treating furnaces, but also can be applied similarly to horizontal heat-treating furnaces.

[Effects of the Invention]

As explained previously, according to the present invention, it is possible to ensure a uniform process gas supply to all processed objects disposed within a process tube, and it is possible to form a precise film thickness on all disposed processed objects, even if many wafers are subjected to batch processing or the pitch of the processed objects is increased, so it is possible to increase the throughput and the yield.



4-14

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



#### 4. Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is the general illustration used to explain one embodiment in which the present invention is applied to a vertical silicon epitaxial device.

Figure 2 is a general illustration showing the arrangement of the gas supply injectors, which are components of Figure 1.

Figure 3 is a general illustration used to explain the gas supply region covered by each injector.

- 1 Process tube
- 4 Exhaust line
- 5 Heating device
- 6 Processed objects <sup>7</sup>
- 7 Boat
- 10a – 10d Gas supply injectors
- 11 Gas emission port
- 30 Injector flow rate control block
- 32a – 32d Mass flow controllers

Applicant's agent: Hajime INOUE, patent attorney (and 1 other)

---

<sup>7</sup> Translator's note: In the specification, 6 refers to "wafers," not "processed objects."



